

Сравнение полученных по трем различным методикам значений модуля упругости показало, что их можно сопоставлять между собой, так как разница для одного и того же сплава не превышает 2–6 ГПа и находится в пределах погрешности измерений 3–7 % для исследуемых сплавов. Исходя из этого, по нашему мнению, можно проводить сравнение величин модуля упругости, измеренных как с использованием диаграмм растяжения, так и методами динамического механического анализа и микроиндентирования.

Литература

1. Niinomi M. Mechanical properties of biomedical titanium alloys // Materials Science and Engineering: A. 1998. V. 243, № 1–2. P. 231–236.
2. Wouters K., Gijsenbergh P., Puers R. Comparison of methods for the mechanical characterization of polymers for MEMS applications // Journal of Micromechanics and Microengineering. 2011. V. 21, № 115027.

УДК 621.78:669.14

Д. Л. Смирнова*, В. В. Цуканов

Центральный научно-исследовательский институт конструкционных материалов
«Прометей» им. И. В. Горынина Национального исследовательского центра
«Курчатовский институт», г. Санкт-Петербург

**mail@crism.ru*

Научный руководитель — д-р техн. наук В. В. Цуканов

ФАЗОВЫЕ ПРЕВРАЩЕНИЯ ПРИ ТЕРМООБРАБОТКЕ КРУПНОГАБАРИТНЫХ ЗАГОТОВОК

Работа посвящена оценке температурно-кинетических параметров превращений в стали Cr–Ni–Mo–V композиции для усовершенствования режимов предварительной и окончательной термической обработки применительно к реальным условиям термообработки заготовок на производстве.

Для исследования выбрана марка стали 20Х3 НМФА, которая обладает высокой степенью однородности металла, повышенными механическими свойствами, что соответствует требованиям, предъявляемым к материалам для изготовления ответственных крупногабаритных изделий энергомашиностроения.

Ключевые слова: термическая обработка, фазовые превращения, средне-легированная сталь, изотермический отжиг, крупногабаритные заготовки, машиностроение

D. L. Smirnova, V. V. Tsukanov

PHASE TRANSFORMATIONS DURING HEAT TREATMENT OF LARGE WORKPIECES

The work is devoted to the evaluation of temperature-kinetic parameters of transformations in Cr–Ni–Mo–V steel compositions for improving the pre- and final heat treatment modes in relation to the actual conditions of heat treatment of workpieces in production.

The steel grade 20X3NMFA was chosen for the study; this steel has a high degree of metal homogeneity, increased mechanical properties, which meets the requirements for materials for the manufacture of large-scale products of power engineering.

Keywords: heat treatment, phase transformations, medium-alloyed steel, isothermal annealing, large-sized blanks, mechanical engineering

Традиционное применение Cr—Ni—Mo—V сталей обусловлено возможностью получения необходимого уровня прочности материала основных деталей турбин (к которым относятся роторы, диски) при удовлетворительном уровне пластичности и вязкости в больших сечениях, характерных для деталей мощных установок [1].

Увеличение эксплуатационных нагрузок требует повышения уровня прочности используемых сталей, работающих в области умеренных температур. Развитие повреждений в процессе эксплуатации преимущественно связано с усталостными повреждениями и условиями хрупкого неустойчивого развития трещин из зародившихся усталостных (эксплуатационных) и технологических дефектов. Наибольшую опасность для хрупкого разрушения представляют поверхностные зоны роторов, в результате конструктивных концентраторов напряжений. Таким образом, с одной стороны необходимо увеличивать прочность металла поверхностных слоев с целью повышения усталостной прочности, с другой стороны, зародившиеся усталостные трещины не должны приводить к хрупкому разрушению.

В настоящее время во всем мире уделяется большое внимание совершенствованию материалов и технологии их производства. Известно, что в сталях Cr—Ni—Mo—V композиции, склонных к структурной наследственности, измельчение зерна является трудноразрешимой задачей и возможно лишь в двух случаях:

- при прохождении отжига в диапазоне температур рекристаллизации;
- при прохождении диффузионного феррито-перлитного превращения.

Знание положения критических точек A_{r3} и A_{r1} во взаимосвязи с температурно-кинетическими параметрами превращений необходимо с целью установления температурно-временных параметров для изотермических выдержек, во время проведения ПТО, в зоне подкритических температур, в т. ч. и уточнения диапазона температур минимальной устойчивости аустенита.

Следовательно, важной и актуальной задачей в настоящее время является разработка новых режимов ПТО с учетом данных, полученных в результате оценки кинетики фазовых превращений при моделировании термических режимов на стадии накопления и предварительной термической обработки (ПТО). Корректировка режимов ПТО позволит получить значительное сокращение энергозатрат, а также предотвратить проявление структурной наследственности в крупногабаритных поковках из исследованных сталей.

Окончательная термическая обработка включает в себя закалку поковки и высокий отпуск. Неравномерная скорость охлаждения по сечению поковки приводит к неравномерному распределению продуктов превращения аустенита и возникновению остаточных напряжений.

Правильно проведенная термическая обработка на всех стадиях производства при условии оптимально выбранного материала способна обеспечить весь заданный комплекс физико-механических характеристик стали в требуемых сечениях. Для этого необходимо проведение широкомасштабных научно-исследовательских работ с целью усовершенствования технологий производства. Совершенствование технологических процессов определяет рост эффективности производства: повышение производительности труда, экономию материальных и энергетических ресурсов, а также качество продукции.

В работе проведено масштабное исследование по определению оптимальных температурно-временных параметров режимов термической обработки заготовок роторов из стали марки 20Х3 НМФА.

Поскольку, анализируя стандартные диаграммы превращения аустенита (ТКД), полученные при непрерывном охлаждении, можно отметить их неполную совместимость с реальными режимами охлаждения крупных заготовок в различных условиях, дилатометрические исследования проводились с учетом реальных условий производства, моделируемые скорости охлаждений соответствовали фактическим на производстве, что дало возможность оценить процессы превращений, происходящие в заготовке.

Полученные результаты позволили усовершенствовать режимы ПТО и ОТО, опробованные на заготовках в производстве, в результате чего был достигнут экономический эффект за счет снижения продолжительности изготовления заготовок, а также получено повышение механических свойств, что являлось основной задачей при совершенствовании режимов термообработки ответственных деталей энергомашиностроения.

Примененные в работе идеи и методики рекомендуется использовать для совершенствования режимов термообработки крупногабаритных заготовок из сталей Cr–Ni–Mo–V композиции.

Литература

1. Цуканов В. В. Современные стали и технологии в энергомашиностроении. СПб. : Проффессионал, 2014. 464 с.
УДК 669.295